

Redes Avançadas e o Projeto Giga

Michael A. Stanton

Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - RNP,
Núcleo de Coordenação Geral da RNP - NC-RJ, Estrada Dona Castorina, 110,
Jardim Botânico, 22460-320 Rio de Janeiro, RJ, Brazil

{michael}@rnp.br

***Abstract.** The future development of the Internet depends on forging of new directions which has been undertaken by the academic community since the second half of the 1980s, when the first global networks of computer-assisted communication were established. It is up to this community to seek to develop and apply novel technologies, protocols, services and applications, firstly within their laboratories, and then validating them in research and education networks. Here we show the direction being taken by the Brazilian Research and Education Network (RNP) to promote the development of networking in Brazil.*

***Resumo.** A futura evolução da Internet depende da ação desbravadora de caminhos que vem sendo desempenhada pela comunidade acadêmica desde o final dos anos 1980, quando foram criadas as primeiras redes globais de comunicação mediada por computadores. Cabe a esta comunidade procurar desenvolver e aplicar tecnologias, protocolos, serviços e aplicações novos, realizando estes trabalhos em seus laboratórios, e validando-os em redes de ensino e pesquisa. Neste trabalho é indicar a direção sendo tomada pela RNP para promover o desenvolvimento da área de redes no Brasil.*

1. Introdução

As redes de ensino e pesquisa (REP) se desenvolveram para habilitar a colaboração entre pessoas e instituições, principalmente em áreas como educação, pesquisa, saúde e inovação tecnológica. Nascidas da oportunidade de introduzir nos anos 1980 comunicação mediada por computadores, a níveis nacional e internacional, estas iniciativas em todo o mundo foram responsáveis pela demonstração e divulgação de formas inovadoras de comunicação e colaboração a distância. Boa parte destas REP foram os responsáveis por introduzir a Internet nos seus países, seja através da formação de recursos humanos, seja através da difusão e uso de novo paradigma de aplicações ubíquas de baixo custo.

No caso do Brasil, as REP nasceram no final dos anos 1980 ou início dos 1990, formando a Internet acadêmica nacional, baseada no *backbone* nacional da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), complementada por 15 REP estaduais, tais como a ANSP em São Paulo e a Rede Rio no Rio de Janeiro [Stanton 1998]. Hoje este conjunto de redes provê serviço Internet a 239 universidades e unidades de pesquisa no país. Até 1994, acesso à Internet no país significava acesso à rede acadêmica. Foi somente a partir do final desse ano que surgiu a Internet comercial no país, hoje amplamente desenvolvida e presente no cotidiano.

Com o advento da Internet comercial em todo o mundo como novo serviço de comunicação público, o foco das REP se migrou para a difusão do uso de aplicações e serviços de redes avançados, caracterizados pela interação remota e próxima do real entre pessoas e recursos na rede (por exemplo, a videoconferência na educação ou a instrumentação remota em áreas como saúde ou astronomia). Estas aplicações demandam, além de maior capacidade, protocolos e mecanismos especiais que não encontram suporte em redes comerciais. Esta migração das REP se iniciou nos EUA a partir de 1996 com a criação da iniciativa Internet2 [UCAID], e foi seguido por ações parecidas em muitos outros países.

A partir de 1997 a RNP procurou definir seu projeto RNP2, que alia melhor infra-estrutura de comunicação com o desenvolvimento de aplicações e serviços de rede inovadores. Para alcançar este objetivo conta com a colaboração de grupos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da comunidade acadêmica, além de empresas dos setores de telecomunicações e de equipamentos. Em 1997, lançou o edital das Redes Metropolitanas de Alta Velocidade (ReMAV), objetivando tomar o primeiro passo em criar uma rede de alcance nacional com as características almejadas, para atender a comunidade acadêmica. Uma ReMAV foi (e ainda é) um consórcio de instituições de P&D e empresas numa mesma região metropolitana, que é interligada por rede de alta velocidade, geralmente implementada usada fibra óptica apagada provida por uma operadora local de telecomunicações. Esta fibra é iluminada por equipamentos do consórcio (tipicamente comutadores ATM, usando enlaces de 155 Mbps), e a rede é totalmente operada pelos membros do consórcio.

Cada consórcio foi selecionado baseado em sua proposta de P&D, que incluía adquirir e difundir conhecimento com aplicações avançadas. Foram criadas 14 ReMAV (em Fortaleza, Natal, Campina Grande, Recife, Salvador, Goiânia, Brasília, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Campinas, Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre), a maioria ligada diretamente ao backbone nacional da RNP. Através delas, se obteve experiência com questões associadas à *verticalização* da infra-estrutura das redes Internet, com domínio de todas as camadas a partir do meio físico. Além disto, foi ganha familiaridade com as tecnologias de redes de alta velocidade e com as aplicações avançadas requerendo garantias de qualidade de serviço (QoS). Maiores detalhes sobre a iniciativa das ReMAV podem ser encontrados em [RNP].

Em 1999, foi a vez de reformar o backbone nacional da RNP, que havia utilizado desde 1995 enlaces interestaduais de até 2 Mbps. Em 1999, foi criado o "backbone RNP2", do qual a maior parte é implementada usando o serviço ATM do provedor de telecomunicações. Nesta rede, os enlaces entre os pontos de presença (PoP) da rede são implementados por canais virtuais permanentes (PVC), com capacidade estaticamente configurada. Estes canais hoje têm capacidade suficiente para atender o crescimento da demanda por serviço de melhor esforço, mas não é implementado ainda nenhum mecanismo de garantia de QoS, que torne plenamente viável a interoperação de serviços avançadas entre ReMAV diferentes.

Em 2001, foi lançada iniciativa que levaria a um novo ciclo de renovação tecnológica da infra-estrutura da RNP, procurando conciliar as necessidades de atender plenamente as expectativas levantadas da montagem de uma rede nacional de tecnologia avançada com as oportunidades abertas pelo surto de investimento realizado nos

últimos anos na renovação da infra-estrutura das telecomunicações. Esta iniciativa foi batizada a Iniciativa Óptica Nacional (ION).

2. Evolução de Tecnologia das Redes

A experiência obtida com as ReMAV, e com outras redes parecidas, como a rede interna de algumas universidades urbanas, como a Universidade Federal do Paraná (UFPR) em Curitiba e a Universidade Federal Fluminense (UFF) em Niterói [Stanton 1999], demonstrou a facilidade e eficácia com que se pode montar uma rede metropolitana usando apenas equipamentos de comunicação de dados, sem precisar de nenhuma infra-estrutura de serviços de telecomunicações tradicionais. A chave a esta questão é o acesso fácil ao meio físico, que é a fibra óptica iluminada pelos equipamentos dos usuários. Em alguns casos, como das duas universidades citadas, o meio físico é próprio, instalado pela instituição, utilizando-se da rede dos postes mantida pela companhia local de distribuição de energia elétrica. Depois de pago o custo da instalação, resta apenas um aluguel simbólico pelo uso dos postes.

Em outros casos, como na maioria das ReMAV atuais, as fibras ópticas foram cedidas gratuitamente para uso do consórcio (do qual faz parte) por uma operadora de telecomunicações. Evidentemente, esta é uma concessão a título precária, por ser limitada em tempo. A cessão poderia ainda ser o objeto de contrato, como de aluguel, de cessão irrevogável de direito de uso (IRU - Irrevocable Right of Use) por um período longo (10 a 25 anos). Esta prática já se tornou comum em outros países nos últimos anos, e seria uma forma de uma empresa de telecomunicações ressarcir-se pelo investimento de lançar um cabo óptico com capacidade superior às suas necessidades. Adicionalmente, neste caso, poderia ser incluído no contrato de cessão o serviço de manutenção corretiva, mais facilmente executado pela operadora do que de um usuário que aluga apenas um par de fibras.

Garantidas as fibras ópticas, estaria pronta para uso a infra-estrutura física, podendo ser escolhidas ou mudadas a qualquer momento a tecnologia de transmissão e sua taxa de transferência.

As limitações de transmissão de informação por fibras ópticas são conhecidas, e são devidas a atenuação, dispersão (intermodal, cromática e de polarização) e por efeitos não lineares [Abelém e Stanton 2002]. Usando fibras monomodo convencionais e lasers SLM (*single longitudinal mode*), é possível alcançar distâncias de 70 a 100 km sem muita dificuldade. Isto normalmente resolve as necessidades em redes de âmbito metropolitano, mas não para enlaces interurbanos, pelo menos na maioria dos países. Nestas circunstâncias será necessário regenerar o sinal óptico em pontos intermediários. Nos anos 1990 foi demonstrado que esta regeneração poderá ser feita eficazmente combinando uso de DWDM (*Dense Wave Division Multiplexing*) com EDFA (*Erbium Doped Fibre Amplification*). Nesta combinação, os feixes de vários lasers, ou *lambdas*, de "cores" diferentes, são multiplexados na mesma fibra, e os sinais são amplificados em intervalos regulares (em torno de 80 km) por amplificadores ópticos de faixa larga, amplificando simultaneamente todos os *lambdas*. Um sistema deste tipo poderá combinar 32 ou mais *lambdas* por distâncias de até 600 km, sem a necessidade de regeneração eletrônica dos sinais transmitidos. Sistemas DWDM deste tipo são amplamente disponíveis, sendo fabricados inclusive por pelo menos uma empresa nacional.

Um sistema de transmissão DWDM permite transmitir sinais em cada *lambda*, até certa limite máxima da taxa de sinalização. Mais comuns são os limites 2,5 GHz e 10 GHz. Tais canais são analógicos, e não restringem de outra forma a taxa de sinalização ou protocolo de linha utilizados. Num *lambda* de 2,5 GHz poderá ser transmitido um sinal SDH de 2,5 Gbps, ou, se for conveniente, um sinal Gigabit Ethernet (GE) de 1 Gbps. No de 10 GHz, os correspondentes são SDH de 10 Gbps ou 10 Gigabit Ethernet (10GE) de 10 Gbps. Em geral os equipamentos GE ou 10GE têm grandes vantagens de preço quando comparados com os equipamentos SDH. Adicionalmente, se o objetivo da transmissão for transportar tráfego Internet, a tecnologia Ethernet oferece sólidas vantagens conceituais quando comparadas com IP sobre SDH, porque as redes de longa distância passam a adotar a arquitetura das redes locais, com todas as vantagens que isto traz em termos de suporte para aplicações distribuídas.

Nos últimos anos vem sendo adotada para as redes avançadas a combinação de transmissão DWDM com sinalização GE ou 10GE. Atualmente, o país mais adiantado neste respeito seria o Canadá, onde a rede CA*net, administrada pela organização CANARIE, vem demonstrando os benefícios do uso desta alternativa para montar nesse país uma infra-estrutura riquíssima para colocar comunicação avançada a serviço da população, através do uso de condomínios de fibra apagada nas comunidades locais, interligados por canais de altíssima capacidade de longa distância [CANARIE]. Com isto está criando um novo paradigma para a montagem das redes de comunicação.

3. Iniciativa Óptica Nacional

A experiência obtida com as ReMAV, e com outras redes parecidas, como a rede interna de algumas universidades urbanas, como a Universidade Federal do Paraná (UFPR) em Curitiba e a Universidade Federal Fluminense (UFF) em Niterói [Stanton 1999], demonstrou a facilidade e eficácia com que se pode montar uma rede metropolitana usando apenas equipamentos de comunicação de dados, sem precisar de nenhuma infra-estrutura de serviços de telecomunicações tradicionais. A chave a esta questão é o acesso fácil ao meio físico, que é a fibra óptica iluminada pelos equipamentos dos usuários. Em alguns casos, como das duas universidades citadas, o meio físico é próprio, instalado pela instituição, utilizando-se da rede dos postes mantida pela companhia local de distribuição de energia elétrica. Depois de pago o custo da instalação, resta apenas um aluguel simbólico pelo uso dos postes.

Em outros casos, como na maioria das ReMAV atuais, as fibras ópticas foram cedidas gratuitamente para uso do consórcio (do qual faz parte) por uma operadora de telecomunicações. Evidentemente, esta é uma concessão a título precária, por ser limitada em tempo. A cessão poderia ainda ser o objeto de contrato, como de aluguel, de cessão irrevogável de direito de uso (IRU - Irrevocable Right of Use) por um período longo (10 a 25 anos). Esta prática já se tornou comum em outros países nos últimos anos, e seria uma forma de uma empresa de telecomunicações ressarcir-se pelo investimento de lançar um cabo óptico com capacidade superior às suas necessidades. Adicionalmente, neste caso, poderia ser incluído no contrato de cessão o serviço de manutenção corretiva, mais facilmente executado pela operadora do que de um usuário que aluga apenas um par de fibras.

Garantidas as fibras ópticas, estaria pronta para uso a infra-estrutura física, podendo ser escolhidas ou mudadas a qualquer momento a tecnologia de transmissão e sua taxa de transferência.

As limitações de transmissão de informação por fibras ópticas são conhecidas, e são devidas a atenuação, dispersão (intermodal, cromática e de polarização) e por efeitos não lineares [Abelém e Stanton 2002]. Usando fibras monomodo convencionais e lasers SLM (*single longitudinal mode*), é possível alcançar distâncias de 70 a 100 km sem muita dificuldade. Isto normalmente resolve as necessidades em redes de âmbito metropolitano, mas não para enlaces interurbanos, pelo menos na maioria dos países. Nestas circunstâncias será necessário regenerar o sinal óptico em pontos intermediários. Nos anos 1990 foi demonstrado que esta regeneração poderá ser feita eficazmente combinando uso de DWDM (*Dense Wave Division Multiplexing*) com EDFA (*Erbium Doped Fibre Amplification*). Nesta combinação, os feixes de vários lasers, ou *lambdas*, de "cores" diferentes, são multiplexados na mesma fibra, e os sinais são amplificados em intervalos regulares (em torno de 80 km) por amplificadores ópticos de faixa larga, amplificando simultaneamente todos os *lambdas*. Um sistema deste tipo poderá combinar 32 ou mais *lambdas* por distâncias de até 600 km, sem a necessidade de regeneração eletrônica dos sinais transmitidos. Sistemas DWDM deste tipo são amplamente disponíveis, sendo fabricados inclusive por pelo menos uma empresa nacional.

Um sistema de transmissão DWDM permite transmitir sinais em cada *lambda*, até certa limite máxima da taxa de sinalização. Mais comuns são os limites 2,5 GHz e 10 GHz. Tais canais são analógicos, e não restringem de outra forma a taxa de sinalização ou protocolo de linha utilizados. Num *lambda* de 2,5 GHz poderá ser transmitido um sinal SDH de 2,5 Gbps, ou, se for conveniente, um sinal Gigabit Ethernet (GigE) de 1 Gbps. No de 10 GHz, os correspondentes são SDH de 10 Gbps ou 10 Gigabit Ethernet (10GigE) de 10 Gbps. Em geral os equipamentos GigE ou 10GigE têm grandes vantagens de preço quando comparados com os equipamentos SDH. Adicionalmente, se o objetivo da transmissão for transportar tráfego Internet, a tecnologia Ethernet oferece sólidas vantagens conceituais quando comparadas com IP sobre SDH, porque as redes de longa distância passam a adotar a arquitetura das redes locais, com todas as vantagens que isto traz em termos de suporte para aplicações distribuídas.

Nos últimos anos vem sendo adotada para as redes avançadas a combinação de transmissão DWDM com sinalização GigE ou 10GigE. Atualmente, o país mais adiantado neste respeito seria o Canadá, onde a rede CA*net, administrada pela organização CANARIE, vem demonstrando os benefícios do uso desta alternativa para montar nesse país uma infra-estrutura riquíssima para colocar comunicação avançada a serviço da população, através do uso de condomínios de fibra apagada nas comunidades locais, interligados por canais de altíssima capacidade de longa distância [CANARIE]. Com isto está criando um novo paradigma para a montagem das redes de comunicação.

4. O Projeto Giga

Uma das primeiras oportunidades para avançar nesta estratégia é o projeto Giga. Este projeto nasceu de um encontro promovido pelo MCT em abril 2001 na sede da RNP, juntando pesquisadores acadêmicos da área de redes de computadores,

pesquisadores em transmissão óptica, e representantes de grupos de usuários de redes avançadas, para discutir o que poderia ser uma futura evolução desta rede nacional. Alguns meses mais tarde, formou-se uma parceria entre a RNP e a Fundação Pesquisa e Desenvolvimento (CPqD) para propor o projeto Giga.

Este projeto se situa na linha estratégica descrita na seção anterior. Caracteriza-se como um laboratório experimental de redes avançadas, baseada numa rede regional onde serão combinadas as tecnologias de transmissão DWDM para transporte de uma rede Internet de pelo menos 1 Gbps de taxa de transmissão. Esta rede será montada na região sudeste do país, especificamente entre as cidades de Campinas, São Paulo, São José dos Campos, Cachoeira Paulista e da região metropolitana do Rio de Janeiro (v. Figura 1). A escolha destas cidades se deve à presença nelas de importantes centros de P&D, ou em tecnologias de redes, ou em aplicações distribuídas de alto desempenho.

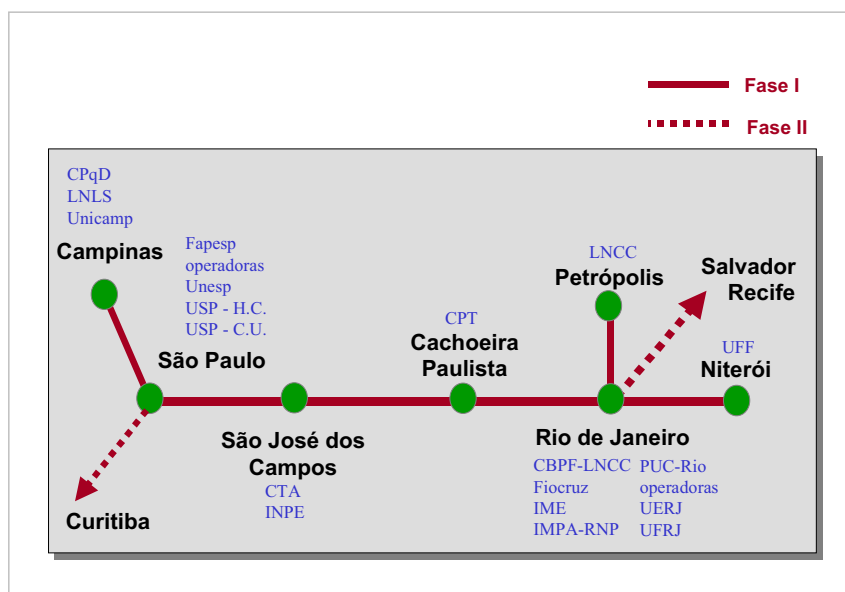


Figura 1: Localização geográfica da proposta rede Giga

Já foi feito um esboço de como poderá ser implantada esta rede, utilizando transmissão DWDM entre Campinas e Rio de Janeiro, com até 6 *lambdas*, inicialmente de 2,5 GHz, podendo ser aumentado individualmente para 10 GHz ou mais. Com esta configuração consegue-se montar uma rede de malha plena entre as cinco cidades atendidas (v. Figura 2).

Esta rede deverá servir, entre outros propósitos, para demonstração e teste de componentes ópticos, e para tanto o meio físico a ser utilizado deverá consistir de dois pares de fibras ópticas, com uso de pares de chaves ópticas para habilitar um ou outro par de fibras para determinado exercício.

Nas cidades maiores (Campinas, São Paulo, Rio de Janeiro), deverá haver uma capilaridade maior da rede, para atender maior número de instituições usuárias. Para

isto, uma solução possível será o uso de uma rede CWDM (*Coarse Wave Division Multiplexing*), forma alternativa e mais barata de multiplexar transporte óptico, para uso em curtas distâncias (até 50 km a 80 km).

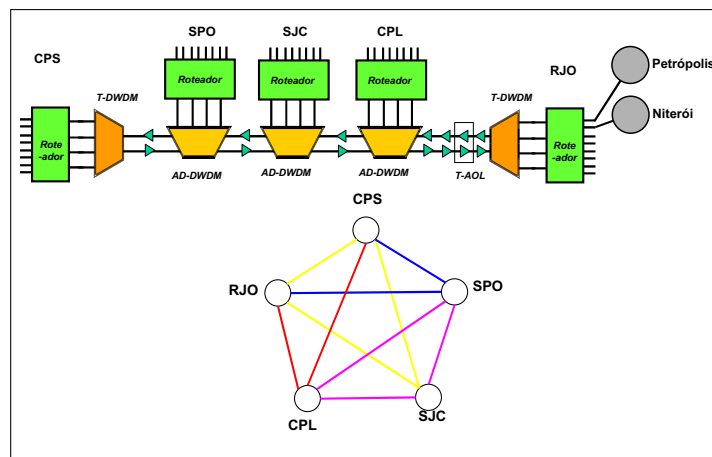


Figura 2: Configuração DWDM do *backbone* da proposta rede Giga

A rede IP a ser montada sobre esta infra-estrutura de transmissão óptica será baseada inicialmente em tecnologia Gigabit Ethernet (GigE), de 1 Gbps. O objetivo é montar a rede *backbone*, com uso de tecnologia GigE em cada *lambda* dos enlaces DWDM. Adicionalmente prevê-se a conexão de cada instituição participante à rede *backbone* também usando GigE. Dentro de cada instituição, prevê-se dois ou mais grupos de P&D, cada um dos quais também teria um caminho de GE até o roteador de borda que ligue sua instituição ao *backbone*. Na ponta, poderá haver equipamentos com conexões Fast Ethernet (FE) e GigE. (v. Figura 3)

A montagem e operação desta rede faz parte integrante do projeto Giga, e são complementadas pelo fomento de subprojetos de P&D a serem contratadas junto à comunidade de pesquisadores. São previstas quatro áreas temáticas de P&D:

- Rede Óptica
- Protocolos e Serviços de Rede
- Serviços Experimentais de Telecomunicações
- Serviços e Aplicações Científicas

sendo que a primeira e a terceira destas serão coordenadas pelo CPqD, e a segunda e a quarta pela RNP. Para cada uma destas áreas é prevista a dotação de recursos financeiros para financiar a contratação destes subprojetos, o que deverá ser realizada publicamente, por um processo transparente com participação de representantes da comunidade de P&D. Os subprojetos contratados deverão resultar em protótipos ou metodologias que deverão ser transferidos para o setor industrial, em benefício do desenvolvimento nacional. Do orçamento global do projeto, mais de 60% dos recursos destinam-se a atividades de P&D.

O projeto como descrito foi originalmente induzido pelo MCT como um projeto "estruturante", e em junho de 2002 foi submetido e aprovado preliminarmente para financiamento durante 3 anos pelo Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (Funttel) do Ministério das Comunicações. A aprovação final de um financiamento não reembolsável de quase R\$55 milhões por um prazo de três anos foi dada pelo Funttel em novembro de 2002, e iniciou-se a execução do projeto em dezembro de 2002.

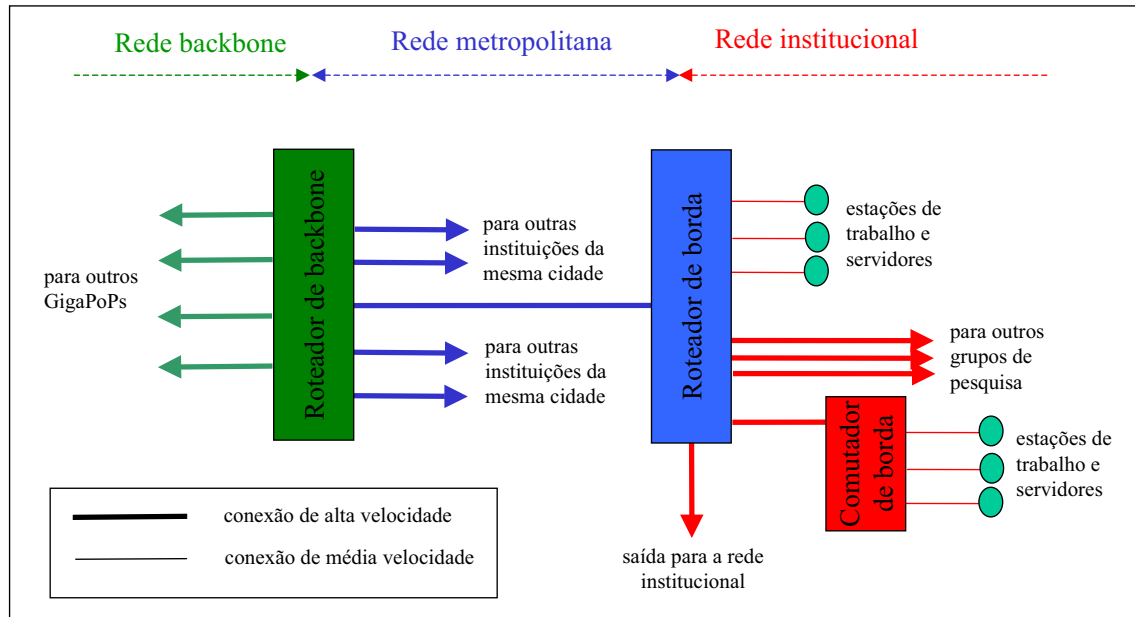


Figura 3: Implementação de rede IP na proposta rede Giga

6. Conclusão

A futura evolução da Internet depende da ação desbravadora de caminhos que vem sendo desempenhada pela comunidade acadêmica desde o final dos anos 1980, quando foram criadas as primeiras redes globais de comunicação mediada por computadores. Cabe a esta comunidade procurar desenvolver e aplicar tecnologias, protocolos, serviços e aplicações novos, realizando estes trabalhos em seus laboratórios, e validando-os em redes de ensino e pesquisa. Neste trabalho tentou-se indicar a direção tomada pela RNP para promover o desenvolvimento da área de redes no Brasil.

Os benefícios advindos deste trabalho serão sentidos apenas no futuro, quando os avanços, em forma de tecnologias, serviços e aplicações novos, e a capacitação dos recursos humanos que resulta do seu desenvolvimento e uso, passem a ter seu impacto renovador nas redes de comunicação disponíveis para a sociedade como um todo.

Referências

- Abelém, A. e Stanton, M.A. (2002) "Inter-Redes IP Baseadas em Redes Ópticas". In: *Minicursos, 20º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC2002)*, Búzios, RJ, Brasil. Maio.
- CANARIE Inc., "Advanced Networks". <http://www.canarie.ca/advnet/advnet.html>
- UCAID, "About Internet2". <http://www.internet2.edu/html/about.html>
- RNP, "Redes Metropolitanas de Alta Velocidade". <http://www.rnp.br/remav/>
- Stanton, M.A. (1998) "A Evolução das Redes Acadêmicas no Brasil: Parte 1 - da BITNET à Internet (1987 a 1993)". In: RNP News Generation (ISSN 1518-5974), Vol 2, no. 6, Julho, <http://www.rnp.br/newsgen/9806/inter-br.shtml>
- Stanton, M.A. (1999), "Soluções Alternativas Usadas na Rede de Comunicação da Universidade Federal Fluminense". In: RNP News Generation (ISSN 1518-5974), Vol 3, no. 5, Setembro, <http://www.rnp.br/newsgen/9909/redeuff.shtml>